УДК 629.3.067
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-1-2-9

Повышение безопасности внутризаводского и служебного автомобильного и электротранспорта путем внедрения современных цифровых устройств

А. А. Короткий, О. А. Бахтеев, С. С. Костюков
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Введение. Одной из актуальных проблем в области охраны труда на предприятиях основных отраслей промышленности в Российской Федерации является производственный травматизм. Больше всего случаев такого травматизма отмечается при перемещении грузов и людей средствами различных видов внутризаводского транспорта. Вопросов снижения количества производственных травм касается комплекс нормативных документов, разработанных в последние годы правительством страны. В соответствии с современными тенденциями развития новых технических решений эффективным методом борьбы с травматизмом является применение комплекса устройств, основанных на IT-технологиях. Настоящая статья посвящена мерам по повышению безопасности внутризаводского и служебного автомобильного и электротранспорта, достигаемым путем внедрения современных цифровых устройств.
Постановка задачи. Практически все крупные промышленные предприятия имеют необходимость в перемещении грузов и персонала как к месту производственной деятельности, так и внутри предприятий. Применяемые для этих целей автомобильные и электрические транспортные средства не всегда проходят проверку, зачастую технический осмотр и ремонт проводятся по остаточному принципу, а персонал, управляющий данными транспортными средствами, может не иметь к нему допуска. Аварии с внутризаводским и служебным транспортом, происходящие вследствие слабого контроля за техническим состоянием транспортных средств и недостаточной или отсутствующей медицинской, а также административной проверкой управляющего персонала, могут приводить к случаям травматизма на предприятии.
Теоретическая часть. В данной статье предложены методы снижения числа транспортных происшествий на автомобильном и электротранспорте промышленных и складских предприятий посредством внедрения дистанционного мониторинга его эксплуатации на основе IT-технологий, функционирующих с использованием мобильных приложений, применяющих технологии «Интернета вещей». Рассмотрены варианты внедрения элементов безопасности, призванных снизить количество транспортных происшествий на внутреннем транспорте промышленных предприятий и складских комплексов. Проведен эксперимент по внедрению компонентов системы на транспортные средства промышленного предприятия.
Выводы. Применение предлагаемой системы мониторинга и контроля автомобильного и электротранспорта на машиностроительных предприятиях и в складских комплексах позволит оперативно решать вопросы, связанные с охраной труда, экономикой предприятия и соблюдением трудовой дисциплины. В частности, планируется снизить количество отказов транспортных средств из-за механических неисправностей, а также иметь возможность своевременного принятия решения об отстранении от управления транспортом водителей, имеющих плохое самочувствие.

Ключевые слова: внутризаводской транспорт, травматизм, несчастные случаи на производстве, мониторинг транспорта, транспортные происшествия, профессиональный риск, датчики и системы слежения.

***Для цитирования*:** Короткий, А. А. Повышение безопасности внутризаводского и служебного автомобильного и электротранспорта путем внедрения современных цифровых устройств / А. А. Короткий, О. А. Бахтеев, С. С. Костюков // Безопасность техногенных и природных систем. — 2021. — № 1. — С. 2–9. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-1-2-9

Improving safety of interfactory and company motor and electric vehicles by introducing modern digital devices

A. A. Korotkiy, O. A. Bakhteev, S. S. Kostyukov
Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Introduction. Industrial injuries are one of the most pressing problems in the field of occupational safety at enterprises of the main industries in the Russian Federation. Most cases of such injuries are noted when moving goods and people by means of various types of interfactory transport. A set of regulatory documents developed in recent years by the Government of the country is dedicated to solving this problem. In accordance with the current trends in the

development of new technical solutions, the use of a complex of devices based on IT-technologies is effective. This article is devoted to improving the safety of interfactory and company motor and electric vehicles by introducing modern digital devices.
Problem Statement. Almost all large industrial enterprises have a need to move goods and personnel both to the place of production activities and within the enterprises. Motor and electric vehicles used for these purposes do not always undergo a maintenance check, they often undergo technical inspection and repairs with whatever funds remains, and always the personnel operating these vehicles do not have permission to drive. Possible accidents with interfactory and company vehicles occurring as a result of insufficient control over the technical condition of vehicles and inadequate or absent medical and administrative checks of the operating personnel can lead to injuries at the enterprise.
Theoretical Part. This article proposes methods for reducing traffic accidents of interfactory and company motor and electric vehicles of industrial enterprises and warehouse enterprises through the introduction of remote monitoring of operation based on IT-technologies, operating with the use of mobile applications that use Internet of Things technologies. The options for introducing security elements designed to reduce the number of transport accidents in internal transport of industrial enterprises and warehouse complexes are considered. An experiment was carried out to introduce system components to vehicles of an industrial enterprise.
Conclusion. The use of the proposed monitoring and control system for motor and electric vehicles at machine-building enterprises and warehouse complexes will make it possible to quickly resolve issues related to labor protection, the economy of the enterprise and compliance with the labor discipline. In particular, it is planned to reduce vehicle failures due to mechanical failures, as well as to make timely decisions on the removal from driving the drivers who are not feeling well.

Keywords*:* interfactory transport, injuries, industrial accidents, vehicle monitoring, traffic accidents, occupational risk, sensors and tracking systems.

For citation: Korotkiy A. A., Bakhteev O. A., Kostyukov S. S. Improving the safety of interfactory and company motor and electric vehicles by introducing modern digital devices: Safety of Technogenic and Natural Systems. 2021;1:2-9. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-1-2-9

Введение. Правительством Российской Федерации 26.04.2019 было издано распоряжение № 833-р, в котором определены мероприятия, направленные на снижение случаев производственного травматизма и доведение результата до уровня экономически развитых стран, на стимулирование работодателей и работников к улучшению условий труда и сохранению здоровья работающих.

Комплекс мероприятий состоит из четырех разделов:

— совершенствование механизмов предупреждения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости;

— стимулирование работодателей и работников к улучшению условий труда и сохранению здоровья работников;

— мотивирование граждан к ведению здорового образа жизни;

— мониторинговые мероприятия [1].

Принятие данного комплекса мероприятий позволило Министерству труда и социальной защиты Российской Федерации уже по итогам 2019 года сделать определенные выводы.

В 2019 году наблюдалось определенное движение к снижению уровня производственного травматизма. По полученным данным, количество групповых несчастных случаев, а также случаев с тяжелым и смертельным исходом снизилось: за 11 месяцев 2019 года произошло 4 078 несчастных случаев с тяжелыми последствиями, что на 9% ниже, чем за аналогичный период 2018 года (4 479 случаев).

В 2019 году наметилось уменьшение количества числа погибших на производственных предприятиях: за 11 месяцев 2019 года погибло работников на 12% меньше, чем за аналогичный период 2018 года (1 018 и 1 158 человек соответственно).

Но количество погибших в машиностроении, строительстве и на транспорте по-прежнему остается высоким по сравнению с другими видами экономической деятельности.

Постановка задачи. С целью снижения показателей производственного травматизма на служебном и внутризаводском транспорте авторами разрабатывается система мониторинга и контроля безопасности при автомобильных перевозках в машиностроении. На предприятиях автомобильный и электрический транспорт занимает одно из приоритетных направлений производственного процесса. Промышленный автомобильный транспорт осуществляет перевозки внутри предприятий, а также внешние перевозки от предприятий до ближайших железнодорожных станций, портов, аэропортов и предприятий-поставщиков. Также широко

применяется пассажирский автомобильный транспорт, предназначенный для доставки работников к месту осуществления трудовой деятельности. Автомобильный транспорт, по сравнению с железнодорожным, канатным, трубопроводным и прочими видами транспорта, отличается маневренностью и отсутствием необходимости в строительстве сложных инженерных сооружений. Это позволяет осуществлять грузооборот и пассажирооборот в пределах районов и узлов непосредственно от цеха (склада) предприятия-поставщика до цеха (склада) предприятия-получателя без дополнительных перегрузочных операций.

Транспортные средства, работающие как снаружи, так и внутри предприятия, являются неотъемлемым элементом технологического процесса производства. Для выполнения технологических и пассажирских перевозок внутри производственных предприятий применяются различные автотранспортные средства — как общего назначения, так и специального. В частности, большое распространение получили вилочные погрузчики, погрузчики с ковшом, электрокары, автомобильные и электрические тягачи с прицепами.

Но вместе с увеличением числа транспортных средств повышается и риск травматизма персонала. Профессиональный риск — вероятность нанесения вреда здоровью работника в результате воздействия на него вредного и (или) опасного производственного фактора при исполнении им его трудовой функции с учетом возможной тяжести повреждения здоровья (определение дано в соответствии с проектом Федерального закона №1070354-7«О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации в части совершенствования механизмов предупреждения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости» от 07 декабря 2020 года) [2]. Наиболее часто среди несчастных случаев отмечаются травмы, полученные в результате дорожно-транспортных происшествий [3].

В настоящий момент мониторингу внутризаводского транспорта в машиностроении уделяется недостаточно внимания. С целью снижения затрат на многих крупных предприятиях расформированы службы внутрипроизводственной безопасности дорожного движения, технический контроль транспортных средств не осуществляется в соответствии с регламентом и инструкцией по эксплуатации, контроль за состоянием здоровья водителей внутризаводского транспорта также не ведется (в том числе не осуществляются проверки на наличие алкогольного опьянения). Все это повышает риск возникновения несчастных случаев.

В проекте Федерального закона (проект № 1070354-7) содержится следующее определение управления профессиональными рисками — это комплекс взаимосвязанных мероприятий и процедур, являющихся элементами системы управления охраной труда и включающих в себя выявление опасностей, оценку профессиональных рисков и применение мер по снижению уровней профессиональных рисков или недопущению их повышения, мониторинг и пересмотр выявленных профессиональных рисков. Взяв за основу это определение, авторы разработали систему, использующую дистанционный контроль (мониторинг) на основании цифровых информационно-технологических систем и функционирующую с использованием мобильных приложений.

Теоретическая часть. Снижение риска при движении внутризаводского транспорта видится следующим образом — предлагается реализовать проект по внедрению цифровых электронных устройств, работающих в двух направлениях. Первое направление — контроль выполнения регламентных работ по обслуживанию транспорта, в том числе ежедневных технических осмотров, ежедневных медицинских осмотров водителей с возможной блокировкой движения транспортных средств в случае выхода параметров за критические значения. Второе направление — использование систем мониторинга транспорта в реальном времени, контролирующих состояние здоровья водителей производственного транспорта как внутри предприятия, так и за его пределами, соблюдение Правил дорожного движения, техническое состояние автомобилей и других транспортных единиц, микроклимат на рабочем месте, а также внедрение системы предупреждения персонала о приближении транспортного средства.

Разрабатываемая система позволяет унифицировать и систематизировать требования надзорных органов к строительной технике, эксплуатации машин, технологическому оборудованию и дает возможность выносить рекомендации на основе объективных данных, снятых на объекте, повышая качество и прозрачность работы государственных контролирующих служб [4].

Внедрение проекта возможно как на автомобилях машиностроительных предприятий, используемых на дорогах общего пользования (легковые, грузовые автомобили, автобусы), так и на внутризаводских транспортных средствах (погрузчики, электрокары, тягачи).

Устройство предлагаемой системы. Элементы первого направления. Устройство чтения-записи чипа-ключа с прописываемым ежедневным кодом, состоящим из данных выпускающего механика, медицинского работника и диспетчера предприятия, монтируется в персональный компьютер. Чип-ключ представляет собой бытовой USB флэш-накопитель. В свою очередь, код выпускающего механика состоит из

данных по техническому осмотру транспортных средств, времени и порядка регламентных работ, срока действия страхового полиса обязательного страхования гражданской ответственности или полиса добровольного страхования от ущерба или хищения (в зависимости от того, где эксплуатируется транспортное средство). Код медицинского работника формируется из данных ежедневного медицинского осмотра водителя. Коды обоих специалистов записываются диспетчером предприятия в чип-ключ водителя или оператора самоходной машины. Ежедневный код выпускающего механика посредством Wi-Fi-соединения также прописывается в памяти цифрового мини-компьютера, установленного на транспортном средстве. Дополнительно в чип-ключ водителя диспетчером записываются уникальные данные транспортного средства, с помощью которых будет снята блокировка на запуск двигателя. В случае отсутствия в чипе-ключе данных от одного из этих специалистов транспортное средство будет непригодно для движения. Коды медицинского работника и диспетчера также передаются через кодированные средства беспроводной связи в мини-компьютер транспортного средства.

Мини-компьютер представляет собой электронное устройство в виде цифро-аналогового преобразователя, выполняющее алгоритм проверки кодов с USB-ключа и кодов, полученных по системам беспроводной связи. В случае совпадения кодов подается аналоговая команда на замыкание реле включения зажигания или стартера (в зависимости от конструкции транспортного средства). Мини-компьютер не требует серьезного и дорогостоящего монтажа, он выполняется специалистом по автомобильному электрооборудованию. Установка данной системы не требует согласования с ГИБДД, т. к. не является переоборудованием транспортного средства.

Дополнительным положительным свойством предлагаемой системы для транспортных средств, эксплуатирующихся за пределами предприятия, являются противоугонные функции.

Элементы второго направления. Головным устройством, работающим со всеми типами датчиков, является модуль GPS/ГЛОНАСС мониторинга, далее именуемый мастер-модулем (рис. 1).

Подобные модули обладают широкими возможностями по настройкам и программированию [5].

Основная задача модуля — передача данных о местонахождении транспортного средства, его скорости перемещения в определенный момент. Благодаря встроенным SIM-картам модуль может передавать и принимать большой объем информации. В частности, с его помощью можно контролировать соблюдение Правил дорожного движения, а именно скоростной режим и отклонение от предписаний дорожных знаков [6].



Рис. 1. Мастер-модуль на базе устройства GPS/ГЛОНАСС мониторинга

Вторым необходимым устройством является модуль контроля самочувствия водителя. Принцип действия подобных устройств различен — либо берутся данные, полученные от встроенных камер наблюдения за глазами водителя (система Attention Assist — Германия, система Driver Alert Control — Швеция, система Seeing Machine — Великобритания), либо используются браслет и перстень, контролирующие температуру тела (система Vigiton — Россия (рис. 2) [7].



Рис. 2. Система Vigiton

Контроль за техническим состоянием транспортного средства возлагается на модуль, встроенный в панель приборов современных автомобилей. Данные о критических значениях различных параметров передаются через CAN-шину и могут быть обработаны и переданы через модуль GPS/ГЛОНАСС мониторинга на сервер предприятия, где посредством настройки либо будут сигнализировать диспетчеру и главному механику на персональные мобильные устройства, либо заблокируют подачу топлива на транспортное средство [8].

Микроклимат на рабочем месте оказывает серьезное влияние на самочувствие водителя транспортного средства. Для высокой производительности труда в салоне автомобиля должна соблюдаться комфортная температура. Для ее контроля используются либо штатные встроенные датчики температуры салона, либо устанавливаемые дополнительно. Информация от них также через CAN-шину либо через аналого-цифровой преобразователь передается в мастер-модуль, через который, в свою очередь, передается на сервер.

Немаловажный фактор, влияющий на утомляемость водителей и операторов самоходной техники — угарный газ. Особенно важен этот фактор в больших крытых производственных помещениях, где могут работать по несколько погрузчиков одновременно, оснащенных двигателями внутреннего сгорания [9]. Количество угарного газа (CO_2) предлагается оценивать датчиками-газоанализаторами, данные о превышении критических показаний которых также передаются диспетчерам для принятия соответствующих решений (рис. 3).



Рис. 3. Датчик угарного газа

Нередки случаи травматизма при плохой освещенности рабочего места. Многие машиностроительные предприятия функционируют круглосуточно, что заставляет внутризаводской транспорт работать в темное время суток. Выход из строя ламп освещения либо габаритных огней может также негативно отразиться на ситуации с травматизмом. Для контроля за исправностью светотехники предлагается внедрить модуль контроля ламп, определяющий неисправность по падению тока, потребляемого лампами освещения [10].

Также авторы предлагают при перемещении грузов, снижающих видимость водителю или оператору, внедрить на транспортное средство модуль датчиков ZoneSafe Compact, который уменьшает риск, связанный с

транспортными средствами на предприятии [11]. Модуль автоматически определяет нахождение в радиусе до восьми метров от транспортного средства любого человека либо транспортного средства и включает световой сигнал у всех объектов, находящихся в радиусе действия данного модуля (рис. 4).



Рис. 4. Принцип действия устройства ZoneSafe

Результаты исследования. В настоящее время проведен эксперимент по внедрению данной системы на автомобили Лада Калина и Лада Ларгус одного из производственных предприятий Ростовской области. Монтаж системы на автомобили выявил следующие особенности: при использовании CAN-шины в автомобилях монтаж системы требует меньших усилий по причине более развернутых функциональных возможностей передачи информации от встроенного блока управления двигателем, а также наличия большого количества встроенных электронных блоков, как, например, блоки управления наружным освещением или модули определения расстояния. На внутризаводском транспорте установка системы требует внедрения определенного количества аналого-цифровых преобразователей, которые будут преобразовывать аналоговый сигнал перегрева двигателя, включающий, к примеру, контрольную лампу на панели приборов, в цифровой сигнал для передачи через мастер-модуль в мобильное устройство диспетчера и главного инженера предприятия. На момент эксперимента экран мобильного планшета диспетчера предприятия выглядит следующим образом (рис. 5).

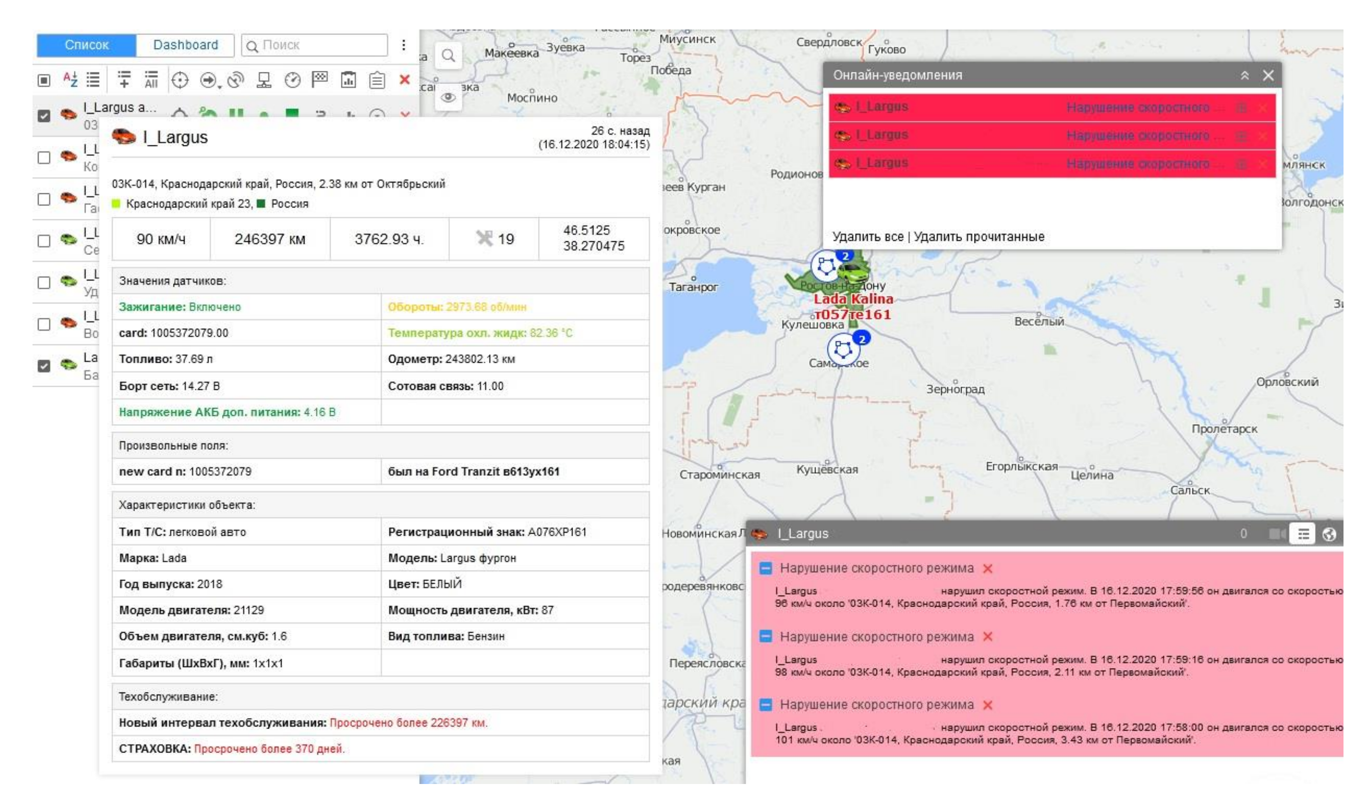


Рис. 5. Вид панели мобильного планшета диспетчера автотранспортного предприятия

На данном рисунке видно, что водитель автомобиля Ларгус нарушил скоростной режим, на автомобиле просрочено техобслуживание и на год просрочен страховой полис.

Определенный недостаток в работе системы связан с использованием в качестве передатчика данных сети GSM. В местах, где отсутствует покрытие данной сетью, могут наблюдаться проблемы с передачей информации. Но при появлении в зоне операторов мобильной связи вся информация передается единым пакетом за все время, пока транспортное средство было вне зоны действия сети. Если предприятие находится вне зоны сигналов операторов мобильной связи, можно использовать сеть Wi-Fi предприятия (при определенной модернизации мастер-модуля).

Выводы. Применение устройств для мониторинга и контроля служебного и внутризаводского транспорта на машиностроительных предприятиях позволит оперативно решать вопросы, связанные с охраной труда, экономикой предприятия и соблюдением трудовой дисциплины. В частности, оперативный мониторинг технического состояния транспортного средства в данный момент времени, сигнализация на пульт диспетчера о выходе контролируемых параметров за критические значения и своевременно принятые в связи с этим меры позволят не допустить транспортных происшествий. Также разрабатываемая система мониторинга не даст возможности эксплуатировать неисправные транспортные средства, заблокирует доступ к управлению неаккредитованному персоналу и посторонним лицам. Представленная система, помимо предприятий машиностроения, может быть внедрена в крупных складских комплексах, на логистических предприятиях, в аэропортах.

Библиографический список

1. Подведены итоги за 2019 год в сфере охраны труда / Охрана труда в России : [сайт]. — URL: https://ohranatruda.ru/news/898/586564/ (дата обращения : 17.12.2020).

2. О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации в части совершенствования механизмов предупреждения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Законопроект № 1070354-7 / Система обеспечения законодательной деятельности : [сайт]. — URL: https://sozd.duma.gov.ru/bill/1070354-7 (дата обращения : 17.12.2020).

3. Янчий, С. В. Анализ причин производственного травматизма в организации на основе применения статистического метода / С. В. Янчий, Н. Д. Дегтярев // Молодой ученый. — 2017. — № 4 (138). — С. 95–100.

4. Панфилов, А. В. Рекомендательные системы безопасности для риск-ориентированного подхода / А. В. Панфилов. В. В. Дерюшев А. А. Короткий // Безопасность труда в промышленности. — 2020. — № 5. — С. 48–55. DOI : https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-5-48-55

5. Бахтеев, О. А. Анализ современных систем онлайн-мониторинга транспорта / О. А. Бахтеев, А. А. Короткий // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта : сб. тр. конф. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2020. — С. 103–105.

6. Добрякова, А. В. Навигационно-информационная система мониторинга и контроля перевозок обучающихся на основе применения современных навигационных технологий ГЛОНАСС / А. В. Добрякова, С. Н. Сидорова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2015. — Т. 3, № 5–3 (16–3). — С. 130–134.

7. Бахтеев, О. А. Применение систем контроля физического состояния водителей / О. А. Бахтеев, А. В. Миронов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства : материалы междунар. научн.-технич. конф. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2018. — С. 47–51.

8. Гафуров, И. Д. Оценка точности определения расхода топлива системой спутникового мониторинга по данным CAN-шины / И. Д. Гафуров, И. М. Ахмадуллин // Совершенствование конструкции, эксплуатации и технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники: материалы междунар. научн.-практ. конф. — Уфа : Башкирский государственный аграрный университет, 2013. — С. 91–94.

9. Кокорева, И. Датчики газа ведущих компаний на российском рынке / И. Кокорева // Электроника: наука, технологии, бизнес. — 2011. — № 1 (107). — С. 56–62.

10. Электрооборудование и электронные системы автомобиля : учеб. пособие / Н. Н. Сергеев, А. Н. Сергеев, Д. М. Хонелидзе, С. Н. Кутепов // Тула : Тульский государственный университет. — 2015. — 156 с.

11. Мусихин, П. В. Минимизация уровня риска при движении внутризаводских транспортных средств / П. В. Мусихин // Актуальные проблемы охраны труда : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. — С. 119–123.

Сдана в редакцию 13.01.2021
Запланирована в номер 28.01.2021

Об авторах:

Короткий Анатолий Аркадьевич, заведующий кафедрой «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9446-4911, korot@novoch.ru

Бахтеев Олег Айратович, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9631-7592, omp-rostov@list.ru

Костюков Станислав Сергеевич, магистрант кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2312-8758, stas-rostov98@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

А. А. Короткий — научное руководство, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов; О. А. Бахтеев — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, проведение экспериментов; С. С. Костюков — подготовка текста, формирование выводов.

Submitted 13.01.2021
Scheduled in the issue 28.01.2021

Authors:

Korotkiy, Anatoliy A., Head, Department of Operation of Transport Systems and Logistics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), Dr. Sci., Professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9446-4911 , korot@novoch.ru

Bakhteev, Oleg A., Senior lecturer, Department of Operation of Transport Systems and Logistics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9631-7592 , omp-rostov@list.ru

Kostyukov, Stanislav S., Master's degree student, Department of Operation of Transport Systems and Logistics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2312-8758, stas-rostov98@mail.ru

Contribution of the authors:

A. A. Korotkiy — scientific supervision, analysis of the research results, revision of the text, correction of the conclusions; O. A. Bakhteev — formulation of the main concept, goals and objectives of the study, conducting experiments; S. S. Kostyukov — preparation of the text, formulation of the conclusions.